

5. ročník (2020/2021)



## 2. SADA

Autorské řešení

**MUNI | RECETOX**  
SCI

**MUNI** Ústav  
SCI experimentální  
biologie

## Průlet touto sadou

1. Zajímavosti ze světa živořícího kvítka na tvém okně (Michaela Dušková) .....	3
2. Přichází změna (David Zimčík) .....	12
3. Jedinečnost v každém z nás (Monika Kuncová) .....	20
4. Listopadová biostatistika (Jiří Kalina, Jan Mičan) .....	25
5. Chromosomal Puzzle (Stanislav Juračka) .....	29

*Michaela Dušková (m.duskova97@gmail.com)*

## 1. Zajímavosti ze světa živořícího kvítka na tvém okně 20 bodů

### Část 1.: Jak se z pralesního kvítka stala pokojová rostlina

Ahoj, milý řešiteli,

vítám tě u úlohy, která ti poodhalí některá doufám překvapující tajemství ze světa pokojových rostlin, ať už máš pocit, že ti umře všechno, co si na parapet postavíš, nebo spíš řešíš to, že nemáš dostatek místa nebo trpělivosti svých nejbližších pro další kvítka. Já bohužel (bohudíky) patřím mezi ty, se kterými společné bydlení znamená nepřetržité prolézání nepropustnou džunglí. A protože jsem se rozhodla stát se molekulární biologkou, nemohla bych se nepodělit o některé zajímavosti ze světa mých zelených krasavic. Jsou totiž vskutku zajímavé.

Hned na začátek bych ti ráda prozradila tajemství úspěchu všech vášnivých pěstitelů pokojovek. K tomu, aby se tvému kvítku dařilo, musíš mu zajistit podmínky takové, které se co nejvíce podobají podmínkám, ve kterých přirozeně roste. Je to rostlina pocházející z pralesa? Zřejmě nebude tak moc náročná na světlo, zato se jí bude líbit zvýšená vlhkost. Je to odolná rostlinka z polopouští? Bude zřejmě potřebovat spousty světla a bude náchylná na přelití. Takové informace se můžeš dozvědět samozřejmě i na internetu, ale my biologové na to půjdeme jinak. V této první části malého "seriálu" o pokojovkách se spolu zaměříme na jejich taxonomické zařazení a na to, jak se vůbec do bytů dostaly. V některé další úloze si povíme něco o jejich genetice a můžeš se těšit i na špetku fyziologie.



Když roku 1492 Kryštof Kolumbus „objevil“ Ameriku, Nový svět se stal rájem badatelů, přírodovědce nevyjímaje. Neznámé tropické rostliny dostávaly roztodivná jména a badatelé se je snažili vozit do Evropy jako cenné poklady. Dokonce se v 19. století na květiny pořádaly lovecké výpravy. Postupem času se tito „lovci květin“ vydávali vstříc všem exotickým krajinám Ameriky, ale i dalších kontinentů. Exotické orchideje a další rostliny roztodivných krajů, které ve Starém světě nikdo jaktěživ neviděl, se staly luxusním zbožím s vysokou hodnotou.



Mohlo by se zdát, že pořádná květinová výprava zajistí lovcům nejen záchrvěvy dobrodružství, ale i spousty honosných večeří. Proto se na výpravy vydávali s odvahou a velkým očekáváním. Když se prodírali neprobádaným pralesem a bezhlavě se s vidinou velkého výtěžku pokoušeli vylézt pro další orchidej, netušili, že se domů vrátí téměř s prázdnou. Po dalším vydařeném lovu schovali cenné úlovky do truhly v podpalubí lodi, která právě odplouvala do Evropy, a vrátili se do svých improvizovaných obydlí.

Určitě si dokážeš představit, co se s takovými květinami stane. Většina z nasbíraných exemplářů nepřežije nájezd plísni, které na ně v podpalubí lodi čekají. Další zbělají a zemřou na nedostatek světla. Jen málokterá přežije dlouhou cestu do Evropy. Ty pak putují do některého bohatého panství, kde stejně i při nejvyšší péči po pár týdnech umírají.

Nejeden druh orchidejí se dostal neopatrným počínáním sběračů téměř na pokraj vyhynutí. Ty šťastnější kusy se dostaly do některé z královských botanických zahrad s obřími skleníky, které v tehdejší Evropě shromažďovaly cenný exotický materiál.

1. Pak ale přichází jistý Angličan roku 1842 s nápadem, který razantně změní podmínky přepravy rostlin na dlouhé vzdálenosti. Najdi jeho jméno a popiš vynález, díky kterému se dařilo kvítka dostat do Evropy bez úhony. [1 b]

#### Autorské řešení:

V roce 1842 přichází pro bohatší obyvatelstvo na trh vynález Nathaniela B. Warda. Tento Angličan přišel se skutečnou novinkou. Vynalezl Wardovu skříňku (viz obrázek), která sloužila jako takové stolní terárium. Jeho vynálezem se však začala poptávka po cizokrajných rostlinách zvyšovat a více lovců se vydávalo vstříc pralesním dobrodružstvím.



Tímto nápadem se přeprava cizokrajných rostlin notně zjednodušila, exotické květiny se staly dostupnější a nabídka rostlin do domácností se rozšiřovala. Silně ji ovlivnila tehdejší móda i umělecké směry, které hýbaly světem. To, které rostliny právě letěly, ovlivňovalo i technické vybavení bytů. V 19. století byly in pelargonie, myrty i fuchsie, které nejsou náročné na teplo a nevidilo jim tedy nedokonalé vytápění a okna, od kterých táhlo. Na přelomu století se na trh dostávají palmy, oleandry i monstery, kterým opět chladno nevedí, ale potřebují více místa a světla od velkých oken, která tou dobou byla v módě. S příchodem 20. století přichází do domácností zateplení, kaktusy i sukulenty a postupem času přibýly i drobné liány, fíkusy a Čechy milované bromélie. Začátkem nového milénia se roztrhl pytel s orchidejemi a kaprad'orosty, které už jsou o poznání náročnější na podmínky.

Mimo sběru rostlin na prodej se do Nového světa vydávají i botanici a badatelé, kteří snaživě sbírají vzorky, kreslí a popisují nově objevené druhy.

Biologové měli od nepaměti zvláštní potřebu všechno škatulkovat. Tak se i dnešní běžně pokojové rostliny dostávaly do taxonomických záznamů mezi dosud známé druhy a stejně jako jiné organismy nesou podobnosti se svými předky, se kterými se řadí do stejné skupiny a nesou odlišnosti, které je odlišují od skupiny jiné. Nutno dodat, že v té době se rostliny zařazovaly do skupin (nebo také kategorií či taxonů) pouze podle fenotypových znaků a nezdá se, že byla rostlina do systému zařazena zcela chybně.

Dnešní taxonomové používají k ověření správného zařazení organismu v taxonu nebo k přiřazení zcela nového druhu do systému kombinaci složitých statistických modelů, sekvenování různých úseků genetické informace i klasické posuzování fenotypu.

Zamyslel jsi se nad tím, jaké organismy vlastně doma pěstujeme? Pokojovky jsou jednoduše skupinou rostlin, které můžeme pěstovat v bytě. Nezáleží na tom, zda se pěstují v květináči, v teráriu nebo ve vodě.

2. Jsou to ale určitě všechno z taxonomického hlediska rostliny? Možná jsi už slyšel o pokojovce, která nese vznešené latinské jméno *Cladophora aegagropila*, tedy řasokoule zelená. Vyhledej její celé taxonomické zařazení. Schválně si také zjisti, kde se taková řasa vyskytuje přirozeně a jak vzniká její charakteristický tvar. *Varování: Jejich pěstování je návykové :-)* [1 b]



Říše: Rostliny (*Plantae*)  
 Oddělení: Zelené řasy (*Chlorophyta*)  
 Třída: Zelenivky (*Chlorophyceae*)  
 Řád: Žabovlasovité (*Cladophorales*)  
 Čeleď: *Cladophoraceae*  
 Rod: *Cladophora*

Lze se s ní setkat v jezerech Skotska i Islandu. Neobvykle velké exempláře se nachází v jezeře Akan na japonském ostrově Hokkaidó. Vznikají prouděním spodních vod jezera, které tvaruje řasokoule do charakteristických koulí. Jedná se o kolonii řas jednoho druhu. Koule je uvnitř dutá.

Všechny rostliny pěstované v domácnostech můžeme s klidem zařadit do taxonu *Plantae* – tedy rostliny. Jejich buňky se vyznačují buněčnou stěnou a jejich nadzemní orgány obsahují plastidy. Dále můžeme všechny shrnout do taxonu zelené rostliny, tedy *Viridiplantae*. (I když nutno podotknout, že se občas v některém akváriu může objevit ruducha, která do taxonu zelených rostlin nepatří. Té se ale majitel spíš snaží zbavit, než aby se pokoušel o její úspěšné rozmnožování.) U zelených rostlin ovšem škatulkování pokojovek končí, neboť doma se dají pěstovat jak některé mechy, tak kapradiny nebo dokonce vranečky. Nicméně největší část pokojových rostlin patří mezi cévnaté a krytosemenné rostliny, jejichž přirozeným

stanovištěm je pravděpodobně některý prales nebo pravý sukulentový ráj, jako je Jihoafrická republika, Mexiko nebo Kuba.

3. Zamysli se, proč se uvnitř bytů běžně nepěstují rostliny mírného pásu (například pampelišky, chrpa, kopretiny) a klidně se rozepiš do odstavce. [2 b]

Ať je jejich fylogenetická historie a taxonomické zařazení jakékoliv, mají rostliny v domácnostech podobné podmínky k životu. V pokoji se nestřídají čtyři roční období. Teploty se pohybují obvykle mezi 18 a 26 °C, vlhkost se mění minimálně. Rostliny, které rostou na našich lukách, vyžadují většinou ve svém životním cyklu střídání čtyř ročních období, podle kterých se řídí jejich vegetační rytmus. Buď žijí jen krátce – od jara do zimy, nebo ke svému životu potřebují období klidu, kdy přežívají přes zimu například v podobě oddenků pod zemí. Druhy, které máš v obýváku, nenajdeš jen tak růst na louce za domem. Valná většina pokojových rostlin by v našich venkovních podmínkách vůbec nepřežila.

4. Teď bych tě ráda seznámila s pěti druhy rostlin, které podle mého názoru opravdu stojí za zmínku. Pokus se doplnit tuto tabulku. K taxonomickému zařazení můžeš využít parádní webovou aplikaci Lifemap od NCBI, kam zadáš latinské jméno rostliny a pomocí aplikace se můžeš rychle zorientovat, kam daný organismus spadá (<http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>) (dokonce si můžeš tuhle fancy appku stáhnout i do mobilu). Co znamená "sp." za latinským jménem první rostliny v tabulce?

Pod tabulkou nalezněš pět zajímavostí, které se k jednotlivým rostlinám vztahují. Pokus se odhalit, ke které rostlině patří. Pod tabulkou se pak pokus vysvětlit, co pojem ve spojení s danou rostlinou znamená a pokus se najít jeho biologické zdůvodnění. [7 b]

\* Fylogenetické zařazení se může u různých zdrojů dost lišit (včetně zmíněné aplikace). I v dnešní době dochází k jeho výrazným obměnám. Tvoje zařazení se tak může lišit od autorského řešení. Všimněte si konzervativnosti koncovek jednotlivých kategorií a zkuste se držet jednoduchého: podříše, oddělení, třída, řád, čeleď, rod.

Zajímavosti k přiřazení:

průduchy pouze na spodu listů, sukulence, bioindikátor na detekci mutagenů, NASA, hygroskopie

Druh rostliny	Její české jméno nebo lidové označení	Fylogenetické zařazení - latinsky	Země (oblast) původu:	Zajímavost:
<i>Tradescantia</i> sp.	poděnká (více druhů)	Podříše: <i>Viridiplantae</i> Oddělení: <i>Spermatophyta</i> ( <i>Magnoliophyta</i> ) Třída: <i>Liliopsida</i> Řád: <i>Commelinales</i> Čeleď: <i>Commelinaceae</i> Rod: <i>Tradescantia</i>	Nový svět (ale takřka celosvětově)	bioindikátor na detekci mutagenů
<i>Sansevieria trifasciata</i>	tchýnin jazyk, tenura	Podříše: <i>Viridiplantae</i> Oddělení: <i>Spermatophyta</i> ( <i>Magnoliophyta</i> ) Třída: <i>Liliopsida</i> Řád: <i>Asparagales</i> Čeleď: <i>Asparagaceae</i> Rod: <i>Sansevieria</i>	Keňa, Tanzanie, Arabský poloostrov	NASA
<i>Ficus elastica</i>	Gumovník, fíkus	Podříše: <i>Viridiplantae</i> Oddělení: <i>Spermatophyta</i> ( <i>Magnoliophyta</i> ) Třída: <i>Rosopsida</i> Řád: <i>Rosales</i> Čeleď: <i>Moraceae</i> Rod: <i>Ficus</i>	Indie, Indonésie	průduchy pouze na spodu listů
<i>Selaginella lepidophylla</i>	nepravá „růže z Jericha“	Podříše: <i>Viridiplantae</i> Oddělení: <i>Tracheophyta</i> Třída: <i>Lycopodiopsida</i> Řád: <i>Selaginellales</i> Čeleď: <i>Selaginellaceae</i> Rod: <i>Selaginella</i>	Mexiko, Texas	hygroskopie
<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>	kolopejka vděčná	Podříše: <i>Viridiplantae</i> Oddělení: <i>Spermatophyta</i> ( <i>Magnoliophyta</i> ) Třída: <i>Rosopsida</i> Řád: <i>Saxifragales</i> Čeleď: <i>Crassulaceae</i> Rod: <i>Kalanchoe</i>	Madagaskar	sukulence

„sp.“ je zkratka slova *species* – toto označení označuje rod, tedy ne druh rostliny, často se používá ve spojitosti s popisem vlastnosti, která náleží celému rodu. Zkratkou může být také myšleno, že se jedná o rostlinu, která určitě spadá do daného rodu, ale není blíže určen její přesný druh. Proto je druhové jméno nahrazeno zkratkou „sp.“.

#### Sukulence:

Jako sukulentní označujeme rostliny, které svůj život přizpůsobily velmi šetrnému zacházení s vodou. Jsou zvyklé na velké střídání teplot a enormní množství slunečního záření. Orgány mají přizpůsobené pro dlouhodobé uchovávání vody. Skupina sukulentů není taxonem. Sukulence je vlastnost, kterou některé skupiny organismů využívají k přežití v nehostinných podmínkách. Mezi sukulentní druhy patří také kolopejka, které ukládá vodu do svých listů. Když nebyla dlouho zalita, začne stahovat vodu z krajních listů do středu rostliny, kde je v tu chvíli více potřeba. Listy pak začnou vadnout a jsou na dotek měkké. Tak lehko poznáš, že tvá kolopejka potřebuje zalít.

#### Hygroskopie:

Tento jev můžeme pozorovat u více druhů pouštních rostlin. Je tak trochu opakem sukulence. Zatímco sukulenty shromažďují vodu ve svých dužnatých stoncích, nepravá „růže z Jericha“ dokáže zredukovat protoplast svých buněk na minimum, vypnout asimilaci a v podobě skoro mrtvé koule trpělivě vyčkávat na velmi vzácný déšť. Když zaprší, na zhruba tři dny se rozvine, spustí asimilační procesy, nabere sílu a pak se zase sbalí do suché koule. Stejným způsobem ji můžeme pěstovat v bytě. Zhruba jednou za 2 až 3 měsíce se vytáhne z šuplíku a zalije se vodou. Rostlina se rozvine a krásně voní. Po třech dnech se vyndá z vody, nechá se vyschnout a uklidí se zpátky do tmy. A proč je nepravá? No, přiznejme si, že Mexiko i Texas, kde se tato rostlina přirozeně vyskytuje, mají přece jen k biblickému Jerichu dost daleko.

#### NASA:

NASA provedla v roce 1989 studii týkající se pokojových rostlin jako potenciálních čističů vzduchu ve vesmírných stanicích. Květiny nebyly poslány na oběžnou dráhu, nýbrž byly uzavřeny do neprostupných komor. Vědci k nim pumpovali vzduch plný různých chemikálií. Rostlinu nechali v těchto podmínkách po jasně definovaný čas a poté měřili, kolik polutantů ze vzduchu stihla zničit nebo zachytit. *Sansevieria trifasciata* si v této studii vedla spolu s dalšími dvěma rostlinkami nejlépe. Tenury dokážou do jisté míry čistit vzduch od nejméně 107 polutantů jako je formaldehyd, chloroform, trichlorethylen nebo benzen.

#### Průduchy pouze naspodu listů:

Listy tohoto druhu fíkusu mají na své svrchní straně několik vrstev mrtvých buněk - tzv. kutikulu, ve které se mohou objevovat místy i krystaly uhličitanu vápenatého. Kvůli zabezpečení nižšího odparu tekutiny z velké plochy listů jsou průduchy ukryté na spodní straně listu. Při nedostatku vody umí *Ficus elastica* listy stočit směrem dovnitř, a tak ještě více zabránit ztrátě vody.

Bioindikátor na detekci mutagenů:

Jeden z mezidruhových kříženců rodu *Tradescantia* se používá k detekci mutagenity některých herbicidů, insekticidů i exhalátů ovzduší (hlavně dříve, dnes je tento přístup nahrazován pokročilejšími metodami). Je založen na detekci somatických mutací v trichomech tyčinek těchto rostlin. K pokusu se používá heterozygot, u kterého se působení mutagenu projeví zrudněním koncových částí trichomů – květy se hodnotí pod mikroskopem.

5. Z tabulky vyplněné v předchozí otázce můžeš vyčíst, že se jedna z rostlin fylogeneticky výrazně liší od ostatních. Díky její fylogenetické příslušnosti ji můžeme označovat za “živoucí fosílii”. O které z uvedených rostlin je řeč a proč? Co jí morfologicky odlišuje od ostatních rostlin uvedených v tabulce? [2 b]

Řeč je o rostlině *Selaginella lepidophylla*, která jako jediná nepatří do skupiny semenných rostlin (*Spermatophyta*). Řadí se mezi plavuně, prastarou skupinu rostlin, která předchází přesličkám a kapradinám. Už se ale u nich objevují cévní svazky, které jim dokonce v prvohorách umožnili růst do rozměrů dnešních stromů. Vymírání však přežili jen zakrslí příbuzní obřích dominant tehdejšího pralesa. Narozdíl od dalších rostlin v tabulce netvoří semena, ale množí se výtrusy. Nepravá růže z Jericha je tedy takový pozůstatek dob dávno minulých – tedy živá fosílie, podobně jako cykasy nebo jinan dvoulaločný. Díky hygroskopickým schopnostech se z *Selaginella lepidophylla* stala také atraktivní pokojovka s neobyčejným způsobem života.

6. S pomocí aplikace Lifemap (<http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>) zkus zjistit, která ze zmíněných rostlin níže je nejvíce příbuzná každé z pokojových rostlin uvedené v tabulce. (Nápověda – více příbuzné jsou si druhy, které mají mezi sebou menší počet větvení fylogenetického stromu.) [3,5 b]

kosatec, kopřiva dvoudomá, netřesk, plavuň vidlačka, bojínek luční

kopřiva dvoudomá - *Ficus elastica*

kosatec - *Sansevieria trifasciata*

netřesk - *Kalanchoe blossfeldiana*

plavuň vidlačka - *Selaginella lepidophylla*

bojínek luční - *Tradescantia* sp.

Třeba jsi při pátrání po fíkusu narazil na to, že se v domácnostech nepěstuje jen jeden druh. Často se lze potkat také s *Ficus benjamina* nebo *Ficus lyrata*.

7. Zkus se zamyslet nad tím, co mají tyto rostliny společného a co je dělí od sebe. Některá kvítka, která jsou takřka k nerozeznání podobná, se dělí do dvou druhů, jiné vizuálně zcela odlišné spadají do druhu pouze jednoho. Proč jsou s určováním druhů problémy? Jaké je kritérium pro to, aby byly dvě rostliny stejného rodu rozděleny do rozdílných druhů? (klidně se rozepiš do odstavce) [2,5 b]

Neexistuje přesná definice druhu. K rozlišení dvou druhů od sebe se musí využít více přístupů a metod najednou, z nichž žádná není stoprocentně spolehlivá. Každá z metod má jiná kritéria pro rozdělení. Druh je pojímán jako základní taxonomická jednotka. Jedna ze starších definic: Soubor populací v prostoru a čase se shodnými anatomickými, morfologickými vlastnostmi a ekologickými projevy. Takové definice ovšem nese značné problémy při vymezení času nebo například organismy, které vznikly mezidruhovým křížením (hybridogenní organismy). Další definicí může být tzv. reprodukční definice: Druh je skupina jedinců, kteří se vzájemně plodně kříží a jsou reprodukčně izolováni od jiných takových skupin, přičemž reprodukční izolace je klíčovým faktorem. (Na otázku může být více odpovědí – slouží hlavně k zamyšlení řešitele nad problematikou.)

8. A aby toho nebylo málo, při hledání údajů o pokojovkách sis možná všiml, že některé mají za svým rodovým a druhovým jménem pokračování, jako je například: *Epipremnum aureum* "Neon". Co takové označení znamená? [1 b]

Přízvisko píšící se v uvozovkách je název kultivaru. U pěstovaných rostlin, u nichž odchylky od vzhledu wild-typu vznikly křížením při pěstování, můžeme tyto odchylky označovat jako jednotlivé kultivary. Dva kultivary se od sebe liší často v barvě květu, vzhledem listu nebo rozdílnou variegací (o které se třeba dozvíš více v některé z dalších úloh o rostlinkách na tvém parapetě).

Doufám, že ti tahle úloha udělala v některých taxonomických záležitostech jasno. Až budeš příště zkoumat, jestli to kvítko umírá spíš na přelití nebo na nedostatek vlhkosti, zkus se schválně podívat, kde přirozeně žije a do jakých taxonů se řadí. Třeba zjistíš, že tvoje rostlinka potřebuje monzunové deště a tvému živořícímu chudáčkovi se začne najednou skvěle dařit.

PS: A když to nepomůže, tak si prostě poříd' řasokoule, u nich nejde takřka nic pokazit.

David Zimčík ([zimcikdavid@seznam.cz](mailto:zimcikdavid@seznam.cz))

## 2. Přichází změna 20 bodů

Vrhneme se na téma geneticky modifikovaných organismů (GMO), přesněji genetických modifikací (GM) jako takových. Spolu s přáteli ze studentského spolku Generace Mendel jsem se podílel na vzniku přednášky **GMO pod lupou**. Strávili jsme desítky dní bádání nad touto problematikou. S překvapením jsme zjistili, že je to téma, které aktuálně prochází velmi bouřlivým vývojem a zároveň sebou přináší často spoustu emocí a kontroverzí. Proto bych byl rád, kdyby mladí biologové či bioložky byli připraveni k smysluplné debatě na toto téma. A co víc, abys i ty dokázal z informací, které se kolem GMO točí, vytvářet závěry a vyvracet dezinformace.

Tahle úloha má sloužit především k zamyšlení se nad problematikou GM. Nebudu se tentokrát bavit o inzulinu, ani nebudu dopodrobna rozebírat GM potraviny. Chci jít k úplným základům, ze kterých úpravy genetické informace organismu vycházejí. A přejít k dost možná nejkontroverznějším využitím genetických modifikací, jakou jsou genové terapie.

Pokud o tomto tématu moc nevíš, nebo naopak chceš vědět víc, doporučuju zhlédnout tyto dva filmy: GATTACA (1997) a Food Evolution (2016).

Pro uvedení do problematiky tě poprosím o zhlédnutí dvou videí. Jedno video je z cyklu [NEZkreslená věda](#) (české video vzniklé ve spolupráci s vědci z Akademie věd ČR) a druhé video je z cyklu [Krtzgesagt](#) (anglické video s možností zvolit anglické titulky, angličtina je zde velmi srozumitelná). Obě videa jsou velmi dobře podložena.

Pro to, abychom mohli mluvit o GMO či GM (či jakémkoli jiném tématu), je potřeba mít pojmy jasně definovány. Neboť je potřeba si uvědomit, že slova sama o sobě nic neznamenají. Význam slovům dáváme až my sami. Proto, aby nějaký výraz nabyl významu, je potřeba vědět, co si pod ním má posluchač představit.

Slovo *ZELENÁ* samo o sobě nic neznamená. My víme, že slovo *ZELENÁ* označuje monochromatické záření o vlnové délce v rozsahu cca 520-570 nm. Taky však můžeme vědět, že zelená je barva trávníku. Od mala jsme učeni společností pojmenovávat vše kolem nás tak, jak je zažito, a díky tomu si rozumíme. A zdá se být naprosto jasné, co slovo *ZELENÁ* znamená. Problém by nastal v případě, kdyby mě od mala učili, že *ZELENÁ* barva je barva o vlnové délce 430-490 nm (tedy *MODRÁ*). Pak bych ti mohl sebelépe popisovat, jak krásná je ta zelená obloha za jasného dne a ty bys nejspíš jen nechápavě kroutil hlavou.

Další problém nastává právě u nových objevů, pozorování či jevů. V takových případech teprve přicházíme s novými pojmy a názvy. A lidé si tak pod novými slovy mohou představovat do jisté míry odlišné věci. Dochází k tomu na základě vlastní fantazie, nebo kvůli lišícímu se zdroji informací, ze kterých daný člověk čerpá.

1. Najdi a zapiš definici pojmu GMO, jak ji definuje český zákon, a vypiš techniky, kterými podle našeho zákona vzniká geneticky modifikovaný organismus. [1 b]

Geneticky modifikovaným organismem (GMO) je organismus kromě člověka, jehož dědičný materiál byl změněn genetickou modifikací provedenou některým z technických postupů stanovených v bodu 1 přílohy č. 1 k tomuto zákonu.

Geneticky modifikované organismy mohou vzniknout mimo jiné při použití

a) techniky rekombinantní nukleové kyseliny vytvářející nové kombinace dědičného materiálu vložením úseku nukleové kyseliny připravené jakýmkoli způsobem mimo organismus do jakéhokoliv viru, bakteriálního plasmidu nebo jiného vektorového systému a jeho následným začleněním do organismu příjemce, ve kterém se normálně nevyskytuje, ale ve kterém je schopen dalšího množení,

b) techniky zavádějící dědičný materiál připravený jakýmkoli způsobem mimo organismus přímo do organismu příjemce, zahrnující mikroinjekce, makroinjekce, biolistické metody, mikroenkapsulace a umělé chromozomy, nebo

c) techniky buněčné fúze, včetně fúze protoplastů, nebo hybridizace buněk, při nichž jsou fúzí dvou nebo několika buněk vytvářeny životaschopné buňky s novou kombinací dědičného materiálu, a to metodami nebo prostředky, které se nevyskytují přirozeně.

Vyňato z: Příloha č. 1 k zákonu č. 78/2004 Sb.

2. Vypiš techniky, pomocí kterých naopak GMO nevzniká podle české legislativy. [0,5 b].

Ke vzniku geneticky modifikovaných organismů nemohou vést následující technické postupy, pokud současně nezahrnují použití rekombinantního dědičného materiálu technikami podle bodu 1 této přílohy nebo použití geneticky modifikovaných organismů těmito technikami vzniklých

a) oplození in vitro,

b) bakteriální konjugace, transformace, transdukce a podobné přirozené procesy,

c) indukce polyploidie a haploidie

Vyňato z Příloha č. 1 k zákonu č. 78/2004 Sb.

Definice bychom měli, ale jak to teda všechno funguje v organismech? Jak jsou uloženy informace v živých systémech? To již dnes moc dobře víme. Je za to zodpovědná DNA. Přesto, pokud se chceme bavit o genetických modifikacích, je potřeba vědět, jak je tato informace přesně kódována.

3. Co je to DNA? Podrobně rozepiš složení z chemického hlediska: jaké jsou hlavní části? Jakým způsobem je informace v DNA uložena? V jakém směru je čtena? [2 b]

DNA je deoxyribonukleová kyselina. Skládá se z menších jednotek zvaných nukleotidy. Každý nukleotid se skládá ze tří molekulárních částí:

- zbytek kyseliny orthofosforečné (pozn. tvoří také 5' konec)
- dusíkaté báze: purinové báze (adenin, guanin) a pyrimidinové báze (cytosin, thymin)
- sacharid deoxyribóza (patří mezi pentózy, tvoří také 3' konec)

Informace je uložena v sekvenčním zápisu těchto molekul. Jednoduše se dá říct, že se jedná o pořadí bází, jak jdou za sebou. Po grafickém znázornění se jedná o pořadí písmen ACTG. Polymeráza čte matrici ve směru 3' → 5', zatímco syntéza řetězce DNA či RNA probíhá ve směru 5' → 3'.

Dosud neznáme jiný způsob, jakým živé organismy zapisují svou genetickou informaci. Samozřejmě že najdeme u různých organismů různé způsoby uskladnění tohoto materiálu. Přesto je způsob zápisu a překládání zcela univerzální. Proto si můžeme klidně říci, že lidský gen vložíme do bakterie. A tento gen bude funkční. Bude fungovat, protože bakterie nakládají s DNA úplně stejně jako buňky tvořící naše těla a stejně tak je tomu u buněk rostlin i hub.

4. Biologická hantýrka často pracuje se dvěma pojmy, bavíme-li se o manipulaci s geny v rámci organismů. Jaký je význam termínu heterologní organismus a jak se liší od homologního organismu? [0,5 b]

Po přenesení genu mezidruhově, mezi dvěma různými organismy mluvíme o heterologních organismech.

Při práci s genetickou informací v rámci jednoho organismu nebo jednoho druhu mluvíme i homologních organismech.

Přesto se může stát, že gen bude přečten a translace proběhne, ale daný protein nebude fungovat nebo se rozpadne. Tento problém bylo nutné řešit třeba i u inzulínu, kde byl však tento problém úspěšně překonán.

5. Z jakého důvodu nemusí být protein funkční v geneticky modifikovaném organismu? [1 b]

Některé proteiny potřebují pro získání své 3D struktury specifické posttranslační modifikace. Tomuto tvarování říkáme folding a často jej kontrolují chaperony. Těchto modifikací je celá řada a ne každý organismus umí udělat všechny tyto modifikace. Je to známé především u bakterií, u nich obecně chybí schopnost dělat posttranslační modifikace. Avšak živočichové nemusí být schopni také

udělat některé modifikace, kterých rostliny mohou být schopny a naopak. Tyto případy jsou velmi specifické a nelze je snadno generalizovat.

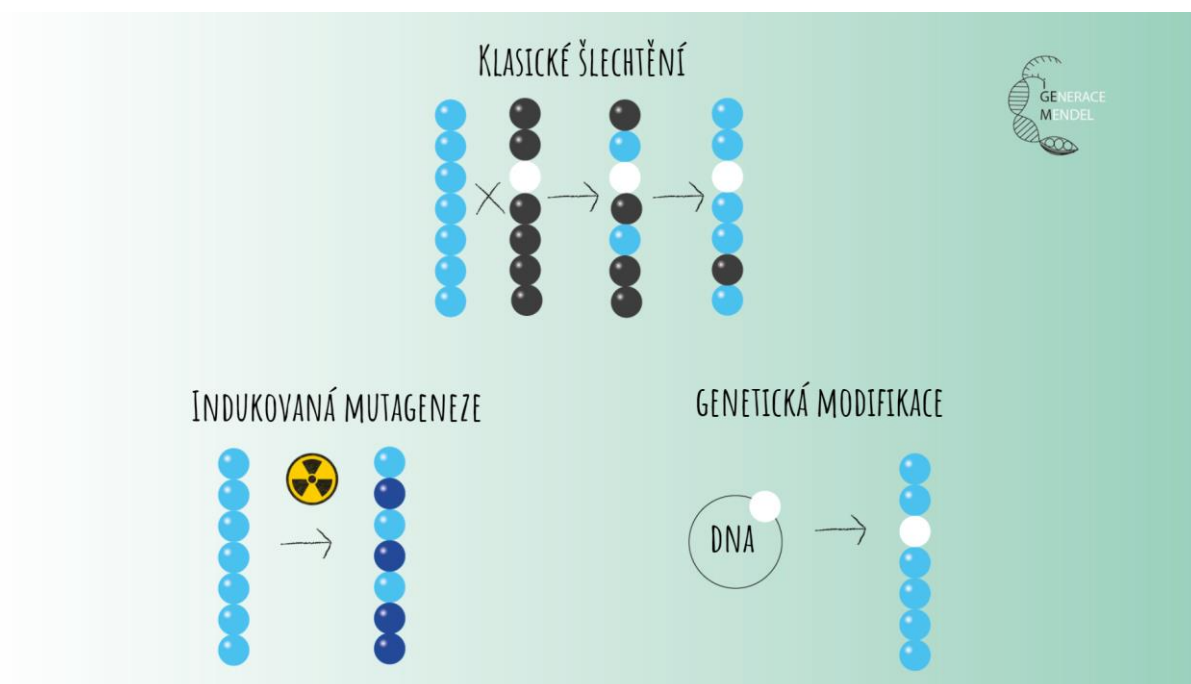
Samozřejmě znalost DNA a princip přenosu dědičné informace je vlastně pro lidstvo do jisté míry novinka. Zákony dědičnosti popsal Gregor Mendel před více než 150 lety, bez znalosti DNA. Vzápětí byla objevena existence něčeho, co nazýváme DNA. Ale její struktura a přítomnost menších podjednotek je poznatek starý jen necelých 70 let.

Přesto již naši předkové pozorovali, že pokud cíleně kříží určité rostliny nebo živočichy, tak v následujících generacích mohou profitovat z jejich často vylepšených vlastností. Takže ano, již naši předkové modifikovali organismy, avšak způsobem spíše náhodným z pohledu předávání kýžených znaků. V posledních 100 letech zažíváme opravdu velký technologický rozmach, který stále nabírá na síle a rychlosti. V minulém století jsme přišli s jinými způsoby získávání nových vlastností u organismů. Tím je například indukovaná mutageneze. A už tomu bude nějaká doba, co jsme se pokusili zasáhnout do organismů cíleně a provedli jsme cílenou genetickou změnu.

#### 6. Stručně shrň princip předávání nebo získání znaku u organismu pomocí:

- a) klasického šlechtění
- b) indukované mutageneze
- c) cílené genetické modifikace [6 b]

Použij zde jeden ze slajdů z přednášky GMO pod lupou pro názornější vysvětlení problému.



- a) U klasického šlechtění, jak ho prováděli naši předkové, dochází ke křížení dvou jedinců. Každý z jedinců nese nějakou vlastnost či znak, který bychom chtěli, aby se objevil u jejich potomka. Pokud bychom chtěli ovci, která je huňatá a má hnědou vlnu, a měli k dispozici bílou huňatou ovci a hnědého krátkosrstého berana, tak můžeme doufat v kýžený výsledek po jejich spáření. Nicméně tato metoda je zcela náhodná, a přestože můžeme s určitou pravděpodobností odhadnout správný výsledek, nikdy jej nebudeme mít zaručený.

Pokud získáme potomka s jen částečně požadovanými vlastnostmi, tak pokračujeme ve šlechtění až do té doby, dokud nezískáme požadované vlastnosti. Touto metodou jsme v historii dosáhli skvělých výsledků, ale z pohledu dnešní biologie je to metoda velmi limitovaná.

- b) Indukovaná mutageneze nabízí možnosti, které klasické šlechtění nabídnout nedokáže, a to záměnu několika či jediné báze DNA za jinou. Tím může organismus opět získat nebo ztratit některou z vlastností. Ke spontánní mutagenezi tak jako tak v přírodě běžně dochází. Nicméně tato metoda vyžaduje zdroj nějakého mutagenního tlaku, jakým je třeba rentgenové záření. Navíc je po provedení mutageneze nejasné, kde všude došlo k záměně nukleotidů, nebo kde došlo k nežádoucím zlomům. Je to tedy metoda zcela náhodná. Přesto je dnes velmi používaná a považována za bezpečnou. Zajímavé je, že organismy a jejich produkty, které jsou upraveny touto metodou, můžeme označit jako GMO-free.
- c) Genetická modifikace nabízí na rozdíl od předchozích dvou metod cílenou změnu nejen v zápisu nukleotidů. Dokonce můžeme přenášet celé geny mezi organismy, a to i mezi jednotlivými říšemi. V tomto případě dochází ke změně v předem vybraném místě. Změnu DNA provádíme buď vyjmutím, nebo přidáním určitého jejího úseku. Od jiných metod upravující DNA se liší svou především specifičností. Touto změnou docílíme toho, že organismus, jehož DNA jsme upravili, získá novou vlastnost či znak, nebo nějakou vlastnost či znak ztratí. Také můžeme některou z vlastností či znaků zesílit či zeslabit. Nicméně tato metoda a především její produkty, tedy GMO, vzbuzují v mnoha lidech nedůvěru a obavy z možných nezamýšlených efektů.

Nositel Nobelovy ceny za fyziologii a medicínu Sir Richard John Roberts v jedné ze svých přednášek zmínil toto přirovnání: (parafrázuji)

„Pokud z letadla odebereme GPS a vložíme ji do auta, tak není důvod se obávat, že nám auto začne létat. Stejně tak je tomu s geny, které používáme pro tvorbu GMO – používáme-li takové geny, o nichž víme, jakou mají funkci.“

To, že aktuálně žijeme ve zlatém věku biotechnologií, dokazuje i letošní udělení Nobelovy ceny za chemii. Původně možná ne zcela doceňovaný výzkum bakteriální imunity přinesl

naprosto přelomový objev pro manipulaci, konkrétněji editaci genomů. Tento objev je v podstatě žhavá novinka. Nicméně již za tu krátkou chvíli dokázala proniknout celosvětově do výzkumů, a co víc, dostala se do rukou i neodborné veřejnosti s příslibem nebývalých možností.

7. O jakém objevu mluvím? Kdy byl publikován článek, který je považován za klíčový pro objev tohoto mechanismu? Jak se jmenují držitelé Nobelovy ceny za tento objev? A který původem český vědec sehrál významnou roli v tomto objevu? [1 b]

Je řeč o CRISPR Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats). Článek, jež můžeme považovat za klíčový, nese název *A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity* a pochází z roku 2012. Autorem tohoto článku je prof. Dr. Martin Jínek. Pokud by sis jej chtěl přečíst, klikni na název.

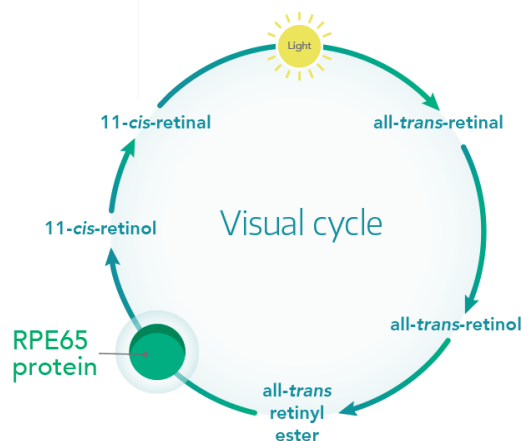
Nobelovou cenu za tento objev byly oceněny dvě vědkyně: Prof. Emmanuelle Charpentier, Ph.D. a Dr. Jennifer Doudna.

Genetické modifikace nám umožňují však mnohem více než jen vytvářet GMO. Dávají nám poprvé v historii možnost léčit genetická onemocnění či dědičné choroby. Do jisté míry to znamená, že můžeme opravovat chybnou DNA a vyléčit vrozené vady nebo určité typy rakoviny. Na trhu se objevuje stále více a více genových terapií, které umožňují léčbu takovýchto onemocnění. Jednou z prvních terapií svého druhu, které se objevily k dostání i v EU, je LUXTRUNA. Tato genová terapie umožňuje vyléčit dědičné onemocnění, které se nazývá *retinis pigmentosa*. Toto onemocnění působí šeroslepost až úplnou ztrátu vidění. Přitom princip genových terapií je ve své podstatě jednoduchý. Odstraňují problematický gen vnesením zdravé varianty genu pro danou oblast buněk. Je potřeba dodat, že použitím schválených genových terapií nevytvoříme GMO. Tedy člověk, který tuto terapii prodělá, není považován za GMO.

8. Pokud se bavíme o Luxturně, jakým způsobem léčba proběhne? Jak dokážeme nahradit vadný gen za zdravý? Vysvětli v několika větách. Popiš, co použijeme a jaké úpravy musí být zajištěny před použitím. [3 b]

Genová terapie LUXTRUNA má za úkol doručit kopii genu (která se vyskytuje u zdravých jedinců) *RPE65* k buněčkám retnálního pigmentového epitelu. LUXTRUNA používá vektor AAV2 (adeno-associated viral vector serotype 2) k doručení funkční kopie genu *RPE65* do buněk **retinálního pigmentového epitelu**. S funkčním *RPE65* proteinem se 11-cis-retinal (základní pigment pro vidění) regeneruje a dojde k obnovení zrakového (vizuálního) cyklu.

Suma sumárum, LUXTRUNA je jednorázová genová terapie pro jedince **s dědičným onemocněním sítnice způsobené mutací v obou kopiích genu *RPE65***, aby však mohli podstoupit tuto léčbu, potřebují mít dostatek zbývajících buněk v sítnici.



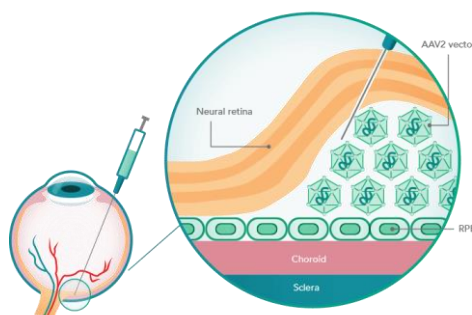
Je vůbec první genovou terapií s dokončenou fází III klinického testování (randomizované, multicentrické studie, jejichž cílem je zjistit, zda nové léčivo je účinnější proti dané nemoci než současný zlatý standard léčby. Teprve na základě výsledků třetí fáze klinických testů dochází k povolení nového léčiva pro léčbu dané nemoci v běžné klinické praxi.)

Schválení této terapie proběhlo nejprve v USA v prosinci roku 2017. V EU je lék povolený od listopadu roku 2018 s cenou €345,000 za jedno oko.

Zajímavost:

AAV (adeno-associated virus) je vektor, který se využívá pro valnou většinu retinální genové terapie. Jde o ssDNA virus, který není pro člověka patogenní.

Terapie může být aplikována subretinální injekcí (pod sítnicí), což je operativní procedura, nebo intravitreální injekce (do sklivce). Tato druhá metoda je sice neoperativní procedura s využitím lokální anestetika, ale vykazuje nižší procento úspěšnosti začlenění AAV. Je znázorněna na obrázku.



Ovšem možnost opravovat je dána schopností měnit. Dnešní medicína mění pohled na člověka. Klasická medicína má za úkol léčit problém pacienta, kdežto dnes se biomedicína dívá na člověka spíše jako na klienta a snaží se předcházet možným onemocněním. Avšak zde se začínáme již pohybovat na tenké hraně. Získali jsme do rukou technologie, které nám umožňují upravit vlastnosti jedince jak v prenatálním, tak postnatálním období. Můžeme tedy měnit naše potomky nebo i sami sebe. Dokonce se již objevuje celá řada technologických vylepšení, které si člověk může nechat implantovat a díky nim může například slyšet barvy nebo mu bude nahrazena ruka za mechanický aparát, který bude dost možná poskytovat celou řadu zajímavých vlastností.

Nakonec této úlohy tu mám dvě otázky k zamyšlení. U otázky 9. a 10. bych chtěl úvahu či argumenty pro vs. proti.

9. Jaký je tvůj názor na genetickou úpravu zárodečných buněk za účelem vytvořit dokonalejšího jedince u člověka? Je úprava genomu *Homo sapiens sapiens* možnou cestou evoluce našeho druhu? [2 b]

Neznám absolutní odpověď a ani není předmětem této otázky. Moc děkuji za všechny vaše úvahy.

Představte si, že již dnes si na internetu můžete objednat téměř vše, co potřebujete k modifikaci své DNA. Nyní je tedy debata o zásahu do genetické informace u dospělých lidí.

10. Měl by mít každý volný přístup k těmto technologiím? Mění se tvůj názor na genetickou úpravu člověka, pokud se již jedná o dospělého jedince, který si o daném zásahu rozhoduje sám? [2 b]

Neznám absolutní odpověď a ani není předmětem této otázky. Moc děkuji za všechny vaše úvahy.

Tím se dostáváš až na konec této úlohy. Zbývá ti zodpovědět poslední otázku. Doufám, že až se setkáš s podobným tématem příště, bude pro tebe jednodušší poskládat si odpověď.

11. Jaká je hlavní rozdíl mezi genetickou manipulací a enhancementem (kyborgismem) z pohledu dědičnosti? [1 b]

Zásah do organismu, jako je například nahrazení organické paže, za paži mechanickou či zavedení nějaké technologie do mozkového kmene, není dědičný a nezpůsobí změnu genetické informace, kterou zdědí potomci. Jedinec touto úpravou ovlivňuje pouze svůj aktuální tělesný stav.

Zásah do genetické informace s sebou nese riziko možného ovlivnění našich potomků.

Monika Kuncová (e-mail: [kuncovamoni@seznam.cz](mailto:kuncovamoni@seznam.cz))

### 3. Jedinečnost v každém z nás

20 bodů

Každá lidská bytost je jedinečná. Lišíme se fyzickou stavbou našich těl, způsobem chování a myšlení. Tyto mnohdy drobné či výraznější rozdíly nám (ale i strojům) pomáhají odlišit od sebe jednotlivce, tedy určit jejich totožnost. A o tom bude i tato úloha. Podíváme se, jakým způsobem fungují ověřovací systémy, co je jejich úskalí, jaké mají naopak výhody a jak můžeme naši jedinečnost a data chránit.

Než začneme a ponoříme se do tajů detekce, měli bychom se seznámit s pojmy, které se mohou v úloze vyskytnout, případně alespoň ve vašich řešeních.

K určování totožnosti jedince se vážou tyto 3 pojmy. Dokážete je vyvodit z následujících charakteristik?

1. Určete názvy pojmů na základě charakteristik a ke každému přiřipšte alespoň jeden příklad. Vysvětlete rozdíl mezi mezitřídní a vnitrotřídní variabilitou. [2 b]

- 1) Proces, kdy osoba předává (vědomě či nevědomě) systému svou biometrickou vlastnost (např. otisk prstu, vzorek DNA), který tato vstupní data porovná s databází a vyhodnotí výsledek. Tento postup je také znám jako one-to-many.
- 2) Situace, kdy osoba sdílí se systémem svou elektronickou identitu a na jejím základě dojde k ověření fyzické identity. Jedná se o tzv. princip one-to-one.
- 3) Ověření hodnověrnosti osoby. Tento pojem se především váže k přístupovým systémům.

- 1) Identifikace – např. určení, kdo pil z dané skleničky.
- 2) Verifikace – např. emailové služby.
- 3) Autentizace – např. porovnávání shody dvou hesel.

Mezitřídní variabilita: rozdílnost mezi jedinci, tedy rozeznání jednoho člověka od druhého. Dobrý biometrický systém by ji měl mít co nejvyšší, aby místo nás nepotvrdil přístup jiné osobě.

Vnitrotřídní variabilita: rozdíly při snímání určité (jedné) osoby. Jedná se např. o změnu nálady (různé změny výrazu – jiná mimika) či stárnutí. Od biometrického systému ji očekáváme naopak co nejmenší, abychom byli rozeznání např. po ránu :)

Kdo by neviděl alespoň jeden film z detektivního či kriminálního prostředí. Možná, že někteří z vás jako malé děti chodili po domě s lupou v ruce a po vzoru záhadných mužů v pláštích hledali cokoli, co by mohlo být podezřelé, nepatřičné, nebo naopak v domě chybělo. Najít by se dalo spoustu věcí, ale pozastavme se u něčeho zcela běžného, s čím se setkáváme

denně, rozdáváme to na každém rohu a většinou to nechybí ani na (filmovém) místě činu. Otisky prstů.

Struktura papilárních linií na povrchu prstů jednoznačně určuje fyzickou identitu člověka. Výjimku tvoří lidé, kteří jsou postiženi různými druhy onemocnění a poruchami kůže.

2. Vyjmenujte alespoň 4 takovéto případy a uveďte, v čem spočívá problém neurčitelnosti identity. [2 b]

Posuzováno individuálně, možné řešení viz níže.

- 1) Tinea manus – zarudlá ložiska plná puchýřků s vyvýšeným okrajem.
- 2) Keratóza – rohovatění, hyperkeratotické zesílení.
- 3) Řezná poranění – silnější řezná poranění mohou poškodit kresbu prstu jizvou.
- 4) Atopický ekzém – suchá a popraskaná kůže.

V dnešním světě se jedinečnosti otisků prstů využívá běžně: při zakládání novorozeneckého alba, u transakcí v bance, ale i při daleko častějších činnostech, jako je např. odemykání mobilního telefonu. Spousta důležitých věcí se ověřuje právě tímto způsobem. Co kdyby se ale někomu podařilo odcizit váš otisk prstu (přeci jenom jich denně zanecháváme velké množství na spoustě věcech) a chtěl by ho zneužít? V takovém případě hraje velmi výraznou roli detekce živosti.

3. Vyjmenujte alespoň 4 způsoby detekce živosti a uveďte, v čem tyto metody spočívají. Zaměřte se na výhody a nevýhody, zjistíte tak, že ne každá metoda musí být vhodná. Zkuste proto vybrat dle vás nejlepší způsob a obhájit si, proč je nejvhodnější a s jakými problémy by se mohly potýkat jiné metody. [3 b]

- 1) Elektrické vlastnosti kůže – metoda založená na měření vodivosti a odporu lidské kůže. Nepatří k nejvhodnějším metodám z důvodu změny odporu kůže v závislosti na okolní teplotě, ročním období, fyzickému či psychickému stavu měřené osoby apod. Navíc existuje velký počet jedinců, kteří mají stejný odpor kůže (tzv. nízká mezitřídní variabilita).
- 2) Detekce potu – metoda založená na aktivitě potních žláz. Po přiložení prstu na testovací destičku dochází k uvolňování kapiček potu, které můžeme pozorovat jakožto tmavší tečky na otiscích papilárních linií.
- 3) Ultrazvuk – pomocí ultrazvuku lze krásně odhalit případný falzifikát, jelikož ultrazvukové vlny procházející kůží a odrážející se od ní mají jinou charakteristiku u živého lidského prstu a jiné u uměle vyrobené náhrady.
- 4) Teplota – již z rčení „Je studený jako smrt.“ je zřejmé, že mrtvý (amputovaný) prst nebude mít stejnou teplotu jako živý, prokrvovaný prst. Tato metoda ale není vhodná, jelikož za různých podmínek okolního prostředí se teplota prstu

mění. Bylo zjištěno, že ke změně teploty dochází také při samotném snímání otisku prstu (velká vnitrotřídní a nízká mezitřídní variabilita)

Nejvhodnější z výše zmíněných metod je dle mého názoru měření ultrazvukem, jelikož není ovlivněno vnějšími podmínkami, jako tomu může být např. u metody založené na měření elektrických vlastností kůže či detekce tepla. U metody založené na detekci potu může šikovní útočník zmást stroj mírným navlhčením falzifikátu (je sice otázka, jak by nasimuloval drobné tečkovité výrony se spuštěním po cca 5 s od otisku prstu na snímací destičku, ale není to nemožné).

Existují různé způsoby, jak lze měřit lidskou biometrii. K nejlepším způsobům, jak jednoznačně určit identitu člověka, se mohou řadit rozpoznávání duhovky a sítnice. Barva, vzor a textura jsou pro každého člověka jedinečné, což je podobné jako např. u otisků prstů, avšak pravděpodobnost nalezení dvou stejných duhovek je mnohem menší, než je tomu tak u otisku prstů.

4. Popište, jakým způsobem se snímá lidská duhovka. Je tato metoda nebezpečná? Zdůvodněte svou odpověď. [3 b]

Povrch oka je snímán kamerou s infračerveným osvětlením. Spousta lidí se kvůli tomu této metody bojí, protože si myslí, že je nebezpečná a může jim nenávratně poškodit zrak. Není to pravda. Při pozorování oka viditelným světlem můžeme na duhovce sledovat především vrstvy duhovky (světlo je absorbováno melaninem, očním barvivem) a osvětlení bývá mnohdy nepříjemné, použití IR osvětlení bývá příjemnější, jelikož neoslňuje. V nasnímaném obrázku se lokalizuje duhovka a po extrakci se porovná s databází.

5. Porovnejte biometrii duhovky a sítnice a najděte alespoň 3 rozdíly, v čem se liší. (Způsob snímání a vyhodnocování výsledků, technologie, omezení, reprezentace, detekce živosti apod.) [3 b]

Posuzováno individuálně.

6. Porovnejte následující možnosti zabezpečení (obličej, podpis, termograf, žíly ruky) a seřadte je vzestupně podle jejich schopnosti chránit vaše (tajná) data. Zohledněte co nejvíc kategorií, které vás napadnou. Svůj výběr zdůvodněte. [4 b]

Pro porovnání si určíme např. následující charakteristiky:

- 1) univerzalita (tedy zda má každá osoba tuto biometrickou vlastnost)
- 2) jedinečnost (zda žádné 2 osoby nemají stejnou biometrickou vlastnost)
- 3) konstantnost (zůstává-li tato biometrická vlastnost s časem neměnná, aby byla dotyčná osoba systémem rozpoznána)
- 4) získatelnost (zdali je biometrická vlastnost kvantitativně měřitelná)
- 5) akceptace (ochota lidí nechat si nasnímat danou vlastnost)
- 6) odolnost vůči falšování (snadnost výroby falzifikátu)
- 7) finanční náklady na pořízení

Pokud si je ohodnotíme (např. + vysoká, ? střední, ! nízká) a přidáme jim číselnou hodnotu (+ = 3, ? = 2, ! = 1), můžeme si “spočítat” nejvhodnější biometrické zabezpečení.

	1	2	3	4	5	6	7	“součet”
Obličej	+	!	?	+	+	!	!	14
Podpis	!	!	!	+	+	!	!	11
Termograf	+	+	!	+	+	+	+	19
Žíly ruky	?	?	?	?	?	+	?	15

Parafrázováno, upraveno: DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. *Biometrie*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.

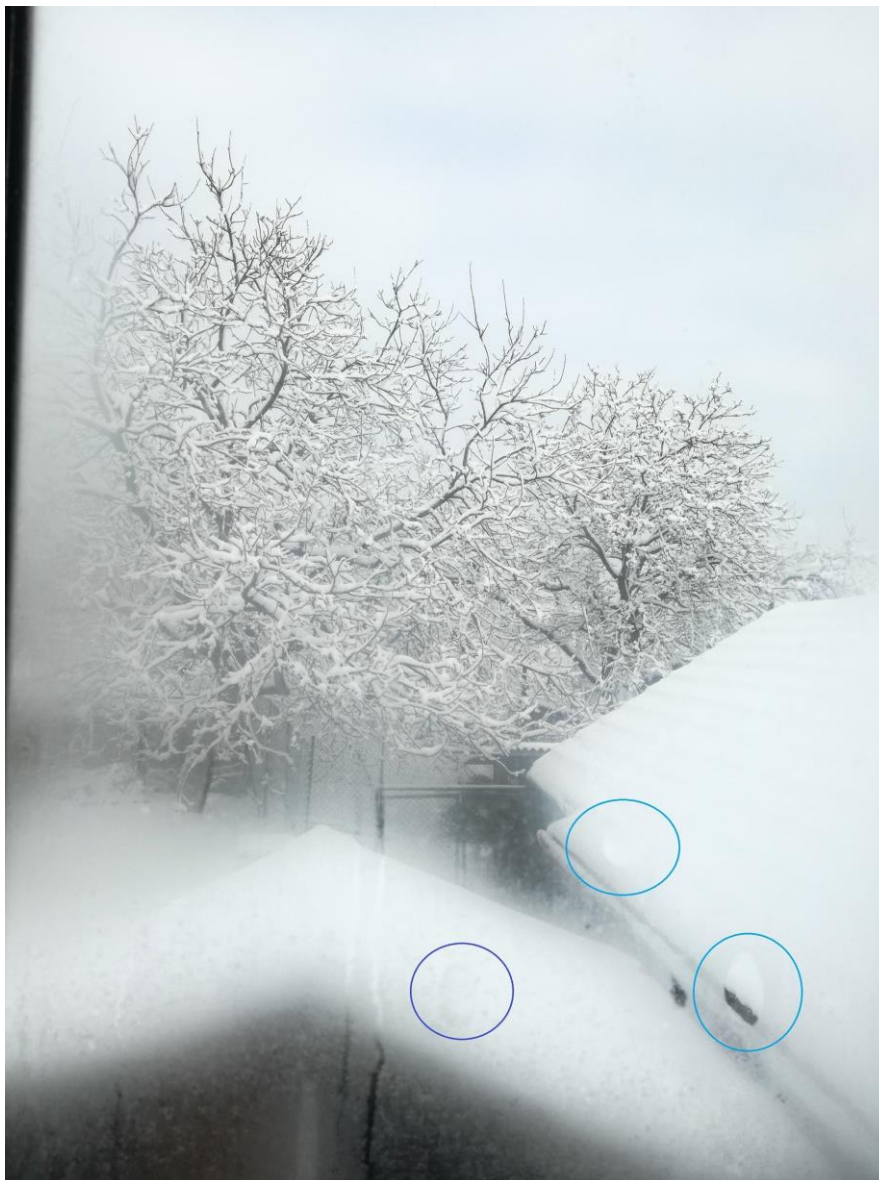
=> podpis < obličej < žíly ruky < termograf

Pozn: větší váhu u bodování má zdůvodnění řešení.

Technologie jde stále kupředu. Mnohé kamery a snímače jsou již tak dobré, že dokáží pořídit kvalitní snímek procházející osoby, který by mohl posloužit k falzifikaci některých biometrických systémů. Ale i my sami, ruku na srdce, k podobným nechtěným situacím můžeme přispívat např. fotkami ve vynikající kvalitě se záběrem na naše dlaně či dokonce bříška našich prstů, detailními fotografiemi očí atd., které zkrášlují ku příkladu naše sociální stránky. Na tomhle místě bych vás chtěla varovat, nikoliv vyděsit, ale nikdy nevíte, kdo se na vaše fotografie dívá a s jakými úmysly. Proto buďte opatrní, co sdílíte.

7. **Bonus na zamyšlení:** Zkuste vypátrat fotku, kterou zveřejním na svém instagramu (Monika Kuncová) v době konání této sady, která bude obsahovat můj otisk prstu (pokud nemáte instagram, napište mi na mail [kuncovamoni@seznam.cz](mailto:kuncovamoni@seznam.cz) a fotky vám budu posílat průběžně touto cestou). Tuto fotografii (lepší bude pouze část s otiskem) vložte do vašeho řešení. [1 b]

Hlavním záměrem tohoto úkolu bylo zamyšlení nad tím, jak často omylem zveřejňujeme své otisky prstu. Proto každý, kdo došel k jednoduché úvaze, že otisk bude zřejmě zanechán na deskové hře, okenní tabulce či sklíčku na brýlích, získává 0,5 b. Kdo byl opravdu pozorný, mohl si všimnout otisku prstu na okenní tabulce (viz tmavě modrý kroužek) a matení v podobě malých otlaků (viz světle modré kroužky).



Technologický pokrok je dvojsečná zbraň, to znamená, že kromě lehce naťuknuté temné stránky má i svou světlou stránku. Každý to vnímá jinak. Než se s vámi rozloučím, ráda bych vám položila poslední otázku (nebo dvě) týkající tohoto tématu. Nebojte se mluvit otevřeně a na rovinu, nekopírujte wikipedii či jiné cizí myšlenky, zkuste se nad otázkou zamyslet a rozvést ji. Těším se, až se dozvím, na co jste přišli ^^.

**8. Jak si myslíte, že bude vypadat budoucnost biometrie? Jaký je váš názor na používání biometrických systémů a proč? [2 b]**

Pozn. autora: V této úloze se neposuzuje faktická správnost, ale schopnost argumentace a predikce na základě získaných informací.

Nebojte se vyjádřit svůj názor.

Posuzováno individuálně.

Budu se na vás těšit u další úlohy a snad již brzy také na živo 😊

*Mgr. et Mgr. Jiří Kalina, Ph.D.*

*Jan Mičan (e-mail: honzamicann@gmail.com)*

## 4. Listopadová biostatistika

20 bodů

**Zima se vpíjí do prstů.  
V mlze vidím všechno  
a nevím nic.**

**Tvary padajících listů  
letí náhodně na dno.  
Silueta nemá rub  
natož líc.**

**Která z nich je ta pravá?  
Všechny jedinečné  
a žádná podle mě.  
Život ani láska ale neuznává  
jednotvary stejné  
zhltne čas a Země.**

**Nenajdu tak spočinutí  
ani v jedné z nich  
v žádné z na dno padajících  
křivek průměrných.**

**Chci jít v Tobě  
nejistá a odchýlená  
pojďme spolu cestu.  
Že je zima?  
Leda v hrobě.  
Nebojme se toho testu.**

**Proti větru propůjčím ti  
statistiky vestu.**

**Jan Mičan, Listopadová nejistota**

O statistice, pokud je nám známo, žádný český básník nepíše, museli jsme si tedy poradit sami. Stejně tak se biologové musí popasovat s niternou vlastností Života – jeho růzností a určitou náhodností. Každý organismus je jedinečný, ale ostatním do nějaké míry podobný. Tyto vlastnosti popisuje úžasný, ale pro mnoho z nás těžko proniknutelný obor biostatistiky.

Byl výsledek biologického experimentu dán náhodou, nebo skutečně hraje roli nějaký přírodní nebo umělý vliv? Zapůsobil lék na uzdravení mých pacientů, nebo je to jen náhoda? Hrají tam roli ještě jiné vlivy? Na tyto složité otázky hledá odpovědi Jiří Kalina, profesionální biostatistik z [Centra pro výzkum toxických látek v prostředí RECETOX](#) při Masarykově univerzitě v Brně.

Již od útlého dětství prožitého v malebném Adamově ho fascinovala velká spousta různorodých oblastí, jak čistá technika a doprava, zejména železniční, tak živá příroda, ale i čísla a matematika. Proto se rozhodl vystudovat jak Technologii a řízení dopravy, tak Chemii životního prostředí a Algebru a diskrétní matematiku. Všem těmto věcem se do určité míry věnuje i ve své profesi vědce – statistika, kde vysvětluje proč a jak se příroda, a zejména životní prostředí, mění, a hledá, co na má na takové změny vliv, a to včetně náhody. Z modelů těchto změn pak další vývoj také předvídá. O statistikách, statisticích, jejich varováních a předpovědích slyšíme v současnosti dnes a denně. Pojďme si tedy alespoň trochu přiblížit jejich práci, bez které se dnes žádná bioložka či biolog neobejde.

Řešitelé minulého ročníku se možná diví tomu, že tato úloha od Honzy Mičana asi nemá playlist. To se samozřejmě nesmí stát, i když o statistice příliš písní není, a proto vám k řešení posíláme aspoň rádobyvtipnou scénku a šlágr o statistice v [tomto playlistu](#).

Celá biologie a samotný Život svádí k využití statistiky již svojí základní vlastností tím, že každý organismus je jedinečný. Živé organismy jsou si ale podle příbuznosti víc nebo míň podobné. Kdyby byly živé organismy všechny stejné, statistika by vůbec nedávala smysl, kdyby byly chaoticky uspořádané, nebyla by možná. Hodí se tedy pro SOUBORY DAT, které nejsou všechny stejné, nejsou ale každý ÚPLNĚ JINÝ. Klíčové je, že jsou data nějak specificky ROZLOŽENÁ.

1. Předtím, než zpracujeme jakoukoliv statistickou analýzu, musíme si ujasnit pár základních pojmů, se kterými budeme později pracovat. Použij svoje znalosti nebo vyhledej informace z jakýchkoli důvěryhodných zdrojů, které máš, například z webu <https://portal.matematickabiologie.cz/> nebo z jiné stránky o statistice, a pojmy doplň do odstavce! [8 b]

Při statistické analýze si děláme obrázek o cílové **populaci** prostřednictvím analýzy její změřitelné podčásti, tzv. **vzorku**. Ten musí mít dvě základní vlastnosti, být **reprezentativní**, to znamená, že jeho struktura je stejná jako struktura (1. slovo k doplnění). Druhá vlastnost je **nezávislost**, to znamená, že při opětovném změření dat bude mít (2. slovo k doplnění) stejnou strukturu. Tedy že můžeme sběr zopakovat a výsledek bude vypadat přibližně stejně. Potom, co máme změřená data, můžeme je popsat. Můžeme určit, zda jsou určitým způsobem **rozložená**, tedy jestli se některé hodnoty vyskytují častěji než jiné a jak takové chování můžeme popsat. Zejména nás zajímá jeho střední hodnota, tedy buď **průměr** nebo **medián**, nebo u dat, která nejdou seřadit, hodnota nejčastější: **modus**, a jak jsou od této hodnoty ostatní hodnoty daleko, například **rozptyl** a **směrodatná odchylka**.

2. Pojd'me se tedy vrhnout na sběr dat. Co jiného v listopadu sbírat než spadané listí. Vyberte si Váš oblíbený strom a posbírejte pod ním dostatečné množství listů. Budeme na nich zkoumat několik veličin: délku listu, délku řapíku a barvu. Ale co to je dostatečné množství? Odpověď hledejte v minulé otázce! Můžete předpokládat, že stovka bude určitě stačit, pokud se Vám podaří posbírat listí míň a splnit to, co by měl řádný soubor dat obsahovat, proč ne, ale slovně to zdůvodněte. Data ukládejte do počítače a potom v nějakém rozumném formátu (nejlépe MS Excel) odešlete pro kontrolu na [honzamicann@gmail.com](mailto:honzamicann@gmail.com). Se sbíráním a měřením Vám může pomoci libovolný počet lidí, ani v jednom případě Vám to ale nezabere velké množství času. Odpovězte, jak se nazývá statistický zákon, který vysvětluje, k čemu je dobré sbírat větší soubory dat. Uveďte, jaký druh stromu jste si vybrali, na jakou přesnost měříte, uveďte střední hodnoty a hodnoty rozptylu (Rozptyl pouze pokud je to možné. Zvolte správný parametr střední hodnoty.), v počítači vytvořte nebo nakreslete histogramy pro všechny tři proměnné a uveďte, k čemu je dobré mít dat co nejvíc. Bonusový bod je za fotečku ze sběru listů. [5 b]

Při hodnocení vypracování histogramů a měření sis jistě všiml/a, že křivka jejich rozdělení připomíná jakýsi zvon, neboli křivku Gaussovu, typickou pro tzv. normální rozdělení. Tohle rozdělení je typické pro celou řadu dat: výšku a inteligenci lidí, rozměry zvířat a rostlin a mnoho dalších. Data rozdělená normálně mají několik zásadních vlastností. Použijeme naše listy. Pokud jsou normálně rozdělené, platí, že nejvíce listů bude dlouhých průměrně a čím bude nějaký rozměr bližší průměru, tím víc listů bude podobně dlouhých. 50% listů bude mít délku  $\pm 1$  směrodatnou odchylku od průměru, který je zároveň mediánem nebo je mu extrémně blízko. 97,5% listů bude mít délku v rozmezí průměr  $\pm 2$  směrodatné odchylky.

Díky tomu, že máme normální rozdělení tak dobře matematicky popsané, je na jeho předpokladu a vlastnostech založena celá řada statistických testů. Například t-test neboli Studentův test, který použijeme v příští úloze, nám ve zkratce říká, jaká je pravděpodobnost, že se nějaká hodnota nebo celý soubor neliší od našeho souboru. To má ohromné využití. Ve vědě se používá pro dokazování, že soubory se významně liší, například výsledky studentů po nějaké výukové metodě oproti standardní formě výuky. Snad v každém vědeckém článku se setkáte s takzvanou p-hodnotou. Co to ale je? V následujícím úkolu si toto ozřejmíte a provedete několik statistických testů pro ověření normality a pravděpodobnosti.

Pro testy normality, stejně jako t-test, použijte kalkulátor na stránkách <https://www.socscistatistics.com/tests>. Jednovýběrový (single sample) t-test můžete také spočítat sami prostřednictvím následujícího vzorce, kde  $T$  je tzv. testová statistika,  $\bar{x}$  s pruhem je aritmetický průměr našeho souboru,  $\mu_0$  je hodnota (například délka listu, u které testujeme, zda se statisticky významně liší),  $S$  je směrodatná odchylka a  $n$  je počet stupňů volnosti + 1. Počet stupňů volnosti je velikost souboru dat - počet skupin (u padesáti listů, které bereme jako jednu skupinu dat, to tedy bude 49), takže pokud jsi změřil/a 50 listů,  $n$  je 50. Testová statistika  $T$  se porovnává s tabulkami kritických hodnot, z čehož můžeme určit, jestli se například nějak dlouhý list liší a na jaké hladině významnosti. Tyto tabulky najdeš například na <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/tabulky.htm#ttest>.

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S} \sqrt{n}$$

Teď, když máme nasbíraná data, pojďme zjistit, jaké jsou jejich charakteristiky a zda se statisticky významně liší od jiné skupiny dat: listů z jiného stromu. Nejprve budeme testovat, zdali je náš soubor dat normálně rozdělen, k čemuž použijeme dva tzv. testy normality: Kolmogorovův-Smirnovův (pro malé soubory dat, typicky do třiceti hodnot), a Schapirův-Wilkův pro soubory větší. Tyto testy mají tzv. nulovou hypotézu, tj. domněnku, kterou testují. U testů normality zní: Soubor dat je normální. Tuto hypotézu můžeme buď přijmout nebo zamítnout. Pokud ji zamítáme, přijímáme hypotézu alternativní: Soubor dat normální není. S tím souvisí několik pojmů: p-hodnota, chyba prvního druhu a chyba druhého druhu. Co tyto pojmy znamenají? Normální rozdělení nám také určuje, s jakou pravděpodobností bude mít list danou délku, například list průměrné délky bude mnohem pravděpodobnější než list délky 1 cm (alespoň teď v listopadu). Pravděpodobnost, že bude mít právě nějakou délku, například 10,776 cm, je ale velmi malá. Proto je mnohem lepší vyjádřit například

průměrnou délku listu takzvaným intervalem spolehlivosti na nějaké hladině statistické významnosti. Například interval spolehlivosti průměrné délky listu [10-11 cm] na hladině pravděpodobnosti 90 % znamená, že pokud budeme měřit soubor dat třeba stokrát (stokrát nasbíráme ze stejného stromu našich  $X$  listů, byl by to jistě strom z mnoha listy), v 90 případech bude průměr v rozmezí 10-11 cm. Zkusit jiný strom stejného druhu a srovnat pomocí t-testu, jestli se statisticky významně liší. V posledním úkolu si srovnáme náš soubor dat se souborem novým – deseti listy z jiného stromu. Je možné, že na tomto druhém stromě posbíráme listy jinak dlouhé než na tom našem. Budou třeba v průměru delší nebo kratší, prostě jiné. To ale může být dáno dvěma faktory: listy jsou skutečně jinak dlouhé, nebo jsme náhodou nasbírali zrovna mnoho kratších nebo naopak mnoho delších listů.

### 3. Co je to p-hodnota? Jaká hodnota $p$ se nejčastěji bere jako statisticky významná?

Jaký je pravděpodobnostní interval průměrné délky listu na hladině významnosti  $p = 0,1$ ?

P-hodnota Kolmogorov-Smirnovova testu:

P-hodnota Schapiro-Wilkova testu:

Je soubor dat normálně rozdělen?

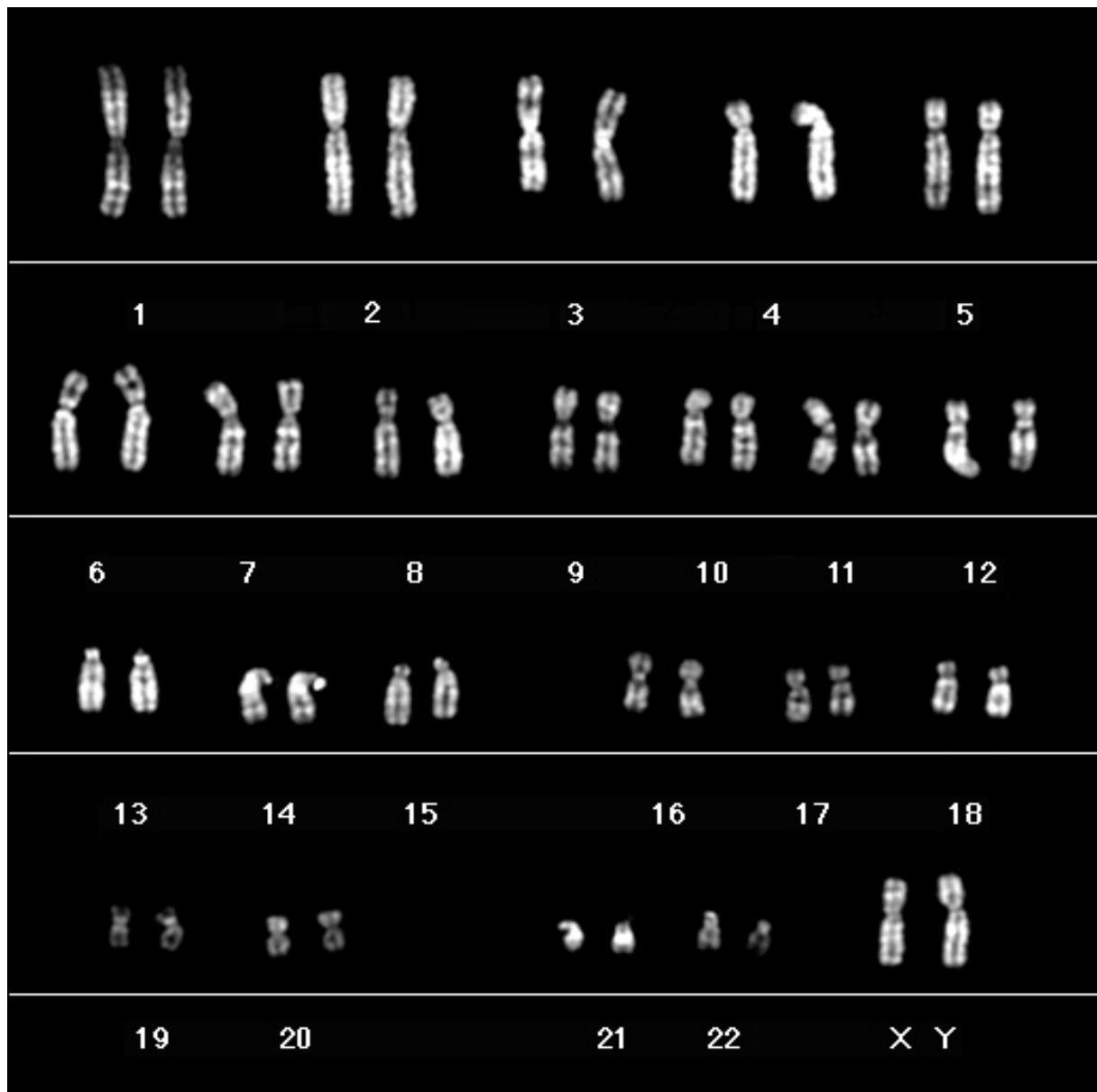
Zkus posbírat deset dalších listů z jiného stromu stejného druhu a otestuj, zdali se tyto listy významně liší. Uveď průměr, směrodatnou odchylku a jestli se na nejpoužívanější hladině významnosti liší. [7 b]

Stanislav Juračka

## 5. Chromosomal Puzzle

20 bodů

Patient 1: 46, XX



Patient 2: 47, XY, +19

